

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-045275

(43)Date of publication of application : 14.02.1997

(51)Int.Cl.

H01J 43/22

(21)Application number : 08-148179

(71)Applicant : HAMAMATSU PHOTONICS KK

(22)Date of filing : 17.05.1996

(72)Inventor : KIMURA SUENORI  
ITO MASUYASU  
SUZUKI ATSUHIDE

(30)Priority

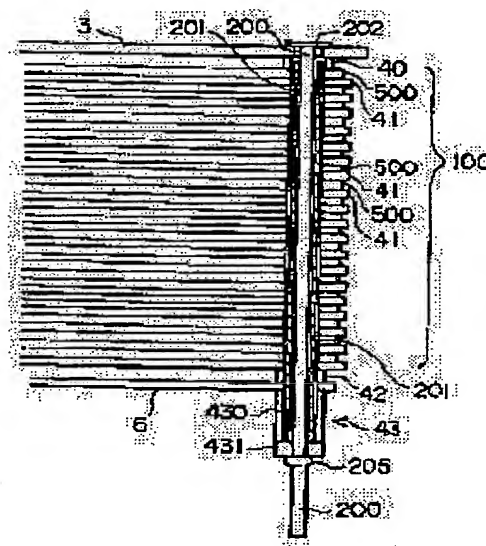
Priority number : 07121492    Priority date : 19.05.1995    Priority country : JP

## (54) PHOTOMULTIPLIER TUBE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To significantly reduce the possibilities that multiplication rates are varied and that fine-mesh dynodes are broken during manufacture.

SOLUTION: This photomultiplier tube has a caulked part 205 formed at a predetermined position on a hollow pipe 2 which has a T-shaped edge 202 and which passes through a dynode part 500 including fine-mesh dynodes, thereby specifying the layered structure of a photomultiplier part by means of the edge 202 and the caulked part 205. The photomultiplier tube whose manufacturing errors are reduced by accurately controlling the intervals between the fine-mesh dynodes can thus be obtained. Also, the hollow pipe is a double structure of an inside pipe 200 made of a conducting material and an outside pipe 201 made of an insulating material, the inside pipe 200 constituting a part of a wiring structure electrically connecting a photocathode to a stem pin.



BEST AVAILABLE COPY

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 02.05.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 09.08.2005

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-45275

(43) 公開日 平成9年 (1997) 2月14日

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>

H 0 1 J 43/22

識別記号

庁内整理番号

F I

H 0 1 J 43/22

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数13 F D (全 19 頁)

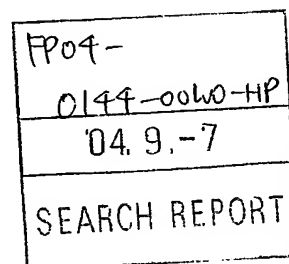
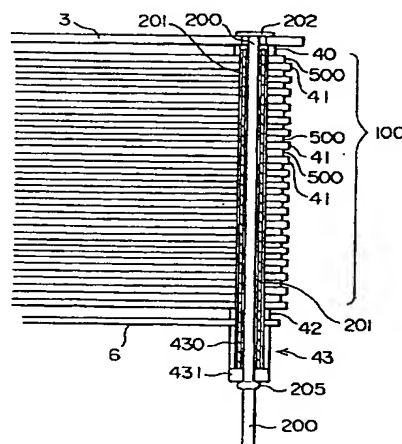
(21) 出願番号	特願平8-148179	(71) 出願人	000236436 浜松ホトニクス株式会社 静岡県浜松市市野町1126番地の1
(22) 出願日	平成8年 (1996) 5月17日	(72) 発明者	木村 末則 静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホ トニクス株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願平7-121492	(72) 発明者	伊藤 益保 静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホ トニクス株式会社内
(32) 優先日	平7 (1995) 5月19日	(72) 発明者	鈴木 厚英 静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホ トニクス株式会社内
(33) 優先権主張国	日本 (J P)	(74) 代理人	弁理士 長谷川 芳樹 (外3名)

(54) 【発明の名称】 光電子増倍管

(57) 【要約】

【課題】 増倍率のバラツキや、製造中にファインメッシュダイノードが破れる可能性を著しく低減する。

【解決手段】 この発明に係る光電子増倍管は、T字形状のエッジ部202を有し、ファインメッシュダイノード50を含むダイノード部500を貫通した中空パイプ2の所定位置にカシメ部205を形成することにより、該エッジ部202とカシメ部205によって電子増倍部の積層構造を規定する。これにより、各ファインメッシュダイノード間の間隔を正確に制御し製造誤差が抑制された光電子増倍管が得られる。また、この中空パイプ2は導電性材料からなる内側パイプ200と絶縁性材料からなる外側パイプ201との2重構造を成しており、該内側パイプ200がホットカソード11とSTEMピン9とを電気的に接続する配線構造の一部を構成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 入射された光に対応した光電子を放出するためのホトカソードと、

絶縁体を介して互いに所定間隔離間された状態で積層され、かつ1インチ当たり少なくとも1000以上の線を有するファインメッシュダイノードと、該ファインメッシュダイノードを所定の張力を加えた状態で把持する上側及び下側電極とをそれぞれ備えた複数段のダイノード部を有し、前記ホトカソードから放出された光電子をカスケード増倍するための電子増倍部と、

前記電子増倍部から放出された2次電子を収集するためのアノードと、

絶縁材料からなる外側パイプと、該外側パイプを貫通する、導電性材料からなる内側パイプとで構成され、かつ少なくとも前記ダイノード部のそれぞれを貫通した状態で、該各ダイノード部の積層方向の位置を規定するためのパイプと、

を備えた光電子増倍管。

【請求項2】 前記外側パイプは、前記内側パイプよりも短いことを特徴とする請求項1記載の光電子増倍管。

【請求項3】 前記内側パイプは、その第1の端部に、前記外側パイプの開口直径よりも大きい直径のエッジ部を有することを特徴とする請求項1又は2記載の光電子増倍管。

【請求項4】 所定電圧を印加するための複数のリードピンがその底部を貫通した状態で保持され、かつ少なくとも、前記ホトカソード、前記電子増倍部、及び前記アノードを収納する密閉容器を備えたことを特徴とする請求項1～3のいずれか一項記載の光電子増倍管。

【請求項5】 前記ホトカソードと電子増倍部との間に設けられ、該ホトカソードから放出された光電子を貫通させるための開口部を有するとともに、該ホトカソードと同電位に設定される導電性リングを備えたことを特徴とする請求項4記載の光電子増倍管。

【請求項6】 前記導電性リングは、前記パイプにより絶縁体を介して前記電子増倍部に固定されており、そして、

前記電子増倍部を前記密閉容器の内壁から所定距離離間させた状態で該密閉容器の所定位置に設置させるための、該密閉容器の内壁に当接するスプリング電極を備えることを特徴とする請求項5記載の光電子増倍管。

【請求項7】 前記導電性リングは、前記ホトカソードと電氣的に接続するためのコンタクト電極を備え、そして、

前記内側パイプの前記第1の端部は、前記導電性リングと電氣的に接続されており、かつ前記内側パイプの第2の端部は、前記密閉容器によって保持されているリードピンのうち、いずれかのリードピンと電氣的に接続されていることを特徴とする請求項4又は5記載の光電子増倍管。

【請求項8】 前記電子増倍部の各ダイノード部と、対応する前記密閉容器の底部で支持されたリードピントを電氣的に接続するとともに、該電子増倍部の第1段のファインメッシュダイノードと前記ホトカソードとの間隔を規定するための複数の中継リードピンを備えることを特徴とする請求項4～7のいずれか一項記載の光電子増倍管。

【請求項9】 前記アノードの、前記電子増倍部と向い合った面側とは反対の面側から該アノードに当接した絶縁体を備え、この絶縁体は、前記外側パイプの外径よりも大きい径の貫通孔を有する第1の絶縁体と、前記内側パイプの外径よりも大きく、かつ該外側パイプの内径よりも小さい径の貫通孔を有する第2の絶縁体とから構成されていることを特徴とする請求項1～8のいずれか一項記載の光電子増倍管。

【請求項10】 前記ファインメッシュダイノードを構成する線の数、1インチ当たり1500以上であり、その線幅は2.4 $\mu$ m～6 $\mu$ mであることを特徴とする請求項1～9のいずれか一項記載の光電子増倍管。

【請求項11】 前記ファインメッシュダイノードは、その線幅が2.4 $\mu$ m～6 $\mu$ mであって45%～65%の空間率を有することを特徴とする請求項1～10のいずれか一項記載の光電子増倍管。

【請求項12】 前記ファインメッシュダイノードは、その線幅が2.4 $\mu$ m～6 $\mu$ mであって45%～50%の空間率を有することを特徴とする請求項11記載の光電子増倍管。

【請求項13】 前記ホトカソードから、前記ダイノード部のうち該ホトカソードと直接対向しているダイノード部までの間隔が、2.0mm～5.0mmであり、かつ隣接する前記ダイノード部のファインメッシュダイノード間隔が、0.4mm～1.6mmであることを特徴とする請求項1～12のいずれか一項記載の光電子増倍管。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、高磁界中においても光子検出が可能な光電子増倍管に関し、特に、ファインメッシュダイノードを有するダイノード部それぞれを所定間隔ごとに積層するための組立構造、及びホトカソードを所定電位に設定するための電圧供給構造に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来、高磁界中において光子検出が可能な光電子増倍管としては、例えば、特開昭51-43068号公報、特開昭59-221960号公報に開示されたものが知られている。これら公報には、複数のメッシュダイノードが絶縁体を介して積層された電子増倍部を有する構造が開示されている。

【0003】また、上記各公報に開示された光電子増倍

管に適用可能なファインメッシュダイノードの構造は、例えば、G.Barbiellini, A.Martinis, F.Scuri, "A simulation study of the behaviour of fine mesh photomultipliers", Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A362 (15 August, 1995), p.245-252に開示されている。

#### 【0004】

【発明が解決しようとする課題】一般に、磁界中でも動作可能な光電子増倍管は、その線幅が微細なファインメッシュダイノードが利用され、かつ該ファインメッシュダイノードの設置間隔を狭めることにより、該ファインメッシュダイノードから放出された2次電子の電子軌道が外部の磁界の影響を受けにくい構造を備えている。具体的には、ホトカソードと第1段のファインメッシュダイノードとの間隔は、2.0mm~5.0mmの範囲に制限され、そして、隣接する該ファインメッシュダイノード間の間隔は0.4mm~1.6mmに制限されている。さらに、上記ファインメッシュダイノードは、その線の数が1インチ当たり少なくとも1000以上であるメッシュダイノードをいい、現在、実際に製造されているファインメッシュダイノードとしては、1インチ当たり1500~2000の線を有するものが主流となっている。なお、この明細書では、これらファインメッシュダイノードを#1500、#2000の表記で区別する。

【0005】しかしながら、例えば#1500、#2000のファインメッシュダイノードは、その線幅が5μm程度と微細であるためにたわんでしまい、該ファインメッシュダイノードだけで積層構造を構成することは困難である。そこで、この発明に係る実施例では、例えば、図22に示されたように、中央に該ファインメッシュダイノードを露出させるための開口部を有するディスク形状の上側電極と下側電極とで該ファインメッシュダイノードのエッジ部分を所定の張力を加えた状態で把持することにより、該ファインメッシュダイノード50のたわみを防止する構造を採用している。なお、得られたダイノード部の構造上の特徴として、上記上側及び下側電極はそれぞれ円周方向から加わる力に対しては十分な強度を有する一方、該ダイノード部の積層方向（光の入射方向に一致）から加わる力（ファインメッシュダイノードのホトカソード側の面及び／又はアノード側の面から加わる力）に対して、容易に変形してしまうことが容易に理解できる。例えば、電子増倍管の組立工程において、係る力（積層方向からの力）が不均一に各ダイノード部に加わると、上記電極に生じたねじれ等により起因して、隣接する各ファインメッシュダイノード間の間隔を正確に制御することが困難になる。特に、このような場合、増倍率（アノードに到達する二次電子の数／光電面で発生する光電子の数）にバラツキが生じたり、またファインメッシュダイノード自体が破れてしまうなどの課

題がある。

【0006】また、当該光電子増倍管を製造する場合、従来は、ビジコン用のメッシュ電極を転用していたので、実際には当該光電子増倍管として最適なファインメッシュダイノードの製造条件（例えば、空間率、線幅等）は知られていなかった。

【0007】この発明は、以上のような課題を解決するためになされたものであり、増倍率の観点、及び製造上の観点から当該光電子増倍管に最適なファインメッシュダイノードの製造条件を示唆するとともに、電子増倍部の組立工程において、ファインメッシュダイノードを有するダイノード部それぞれを変形させることなく積層することにより、隣接するファインメッシュダイノードの間隔を正確に制御できる組立構造、及び該組立構造を利用した、ホトカソードを所定電位に設定するための電圧供給構造を備えた、高磁界中でも光子検出が可能な光電子増倍管を提供することを目的としている。

#### 【0008】

【課題を解決するための手段】この発明に係る光電子増倍管は、上述されたように高磁界中でも光子検出が可能な光電子増倍管であって、少なくとも、入射された光に対応した光電子を放出するためのホトカソードと、このホトカソードから放出された光電子をカスケード増倍するための電子増倍部と、絶縁体を介して該電子増倍部と所定距離離間した位置に設置された、該電子増倍部から出射された2次電子を収集するためのアノードとを備える。これらホトカソード、電子増倍部、及びアノードは、その内壁にアルミ膜が形成されたハウジングと、各ダイノード部のそれぞれを所定電位に設定するための導電性リードピン（ステムピン）を支持するステムにより構成された密閉容器内に収納されている。

【0009】上記電子増倍部は、光の入射方向に沿って延びた貫通孔を有するリング形状の絶縁体を介して互いに所定間隔離間された複数のダイノード部を積層して構成されている。特に、各ダイノード部は、上記ファインメッシュダイノードと、該ファインメッシュダイノードのホトカソード側の面を露出させるための開口部、及び光の入射方向に沿って延びた貫通孔を有する上側電極と、該ファインメッシュダイノードの、アノード側の面を露出させるための開口部、及び光の入射方向に沿って延びた貫通孔を有するとともに、該上側電極とともに該ファインメッシュダイノードのエッジ部分を挟み込んで保持する下側電極とを備える。なお、上記上側電極は、ダイノード部と上記ステムに支持されているリードピンのうちの対応する1つとを中継リードピンを介して電気的に接続するための突起部を備えている。

【0010】この発明に係る光電子増倍管において、少なくとも上記アノード、上記ダイノード部は絶縁体を介して、それぞれの貫通孔が光の入射方向に沿って一致させるように積層されている。

【0011】さらに、この発明に係る光電子増倍管は、上述のように積層された各部材の貫通孔によって定義される空間を、光の入射方向に沿って貫通したパイプを備える。特に、このパイプは、絶縁性材料（例えば、アルミナ）からなる外側パイプと、該外側パイプを貫通した導電性材料（例えば、ステンレス）からなる内側パイプを含む。そして、内側パイプは、その第1の端部に、外側パイプの開口直径よりも大きい直径のエッジ部を有する。また、この内側パイプの長さは、外側パイプの長さよりも長くなるよう設計されている。

【0012】上記各部材の貫通孔を貫通した状態で上述した内側パイプの所定位置にカシメ部を形成することにより、上記内側パイプのT字形のエッジ部と該カシメ部とが、上記電子増倍部の積層構造を規定する。上記カシメ部は上記内側パイプに、各ダイノード部の積層方向に対して垂直方向に力を加えることにより形成される。また、該内側パイプは中空である。したがって、該内側パイプに加える力は少なく済み、上記電子増倍部の組立工程において、各ダイノード部を変形させるような力は加わらない組立構造が実現できる。

【0013】さらに、この発明に係る光電子増倍管は、ホトカソードと電子増倍部との間に設けられ、該ホトカソードから放出された光電子を通過させるための開口部を有する導電性リングを備える。この導電性リングは、光の入射方向に沿って延びた貫通孔と、該導電性リングとホトカソードとを同電位に設定させるためのコンタクト電極とを備える。そして、上記内側パイプのエッジ部は貫通孔を貫通した状態で該導電性リングと直接接触している。これは、該内側パイプの端部とステムの所定のリードピンとを中継リードピンを介して電気的に接続することにより、ホトカソードを所定電位に設定するためである。したがって、この内側パイプは、電子増倍部の積層構造を規定するよう機能するとともに、ホトカソードを所定電位に設定するための電圧供給用リードピンとしても機能している。そして、上述したコンタクト電極を有する導電性リング、内側パイプ、中継リードピン、及びステムに支持されたリードピン（ステムピン）によって、ホトカソードを所定電位に設定するための電圧供給構造が実現されている。

【0014】上記導電性リングは、さらに、電子増倍部を、密閉容器の内壁から所定距離離間した状態で、該密閉容器の所定位置に設置させるためのスプリング電極を備える。したがって、当該電子増倍部の密閉容器内における位置は、光の入射方向に対して水平方向が該導電性リングのスプリング電極によって規定され、垂直方向が中継リードピンによって規定される。

【0015】上記導電性リングは、絶縁体を介して電子増倍部から所定距離離間した状態で、該導電性リングの貫通孔を貫通した上記パイプにより、該電子増倍管に固定されている。この絶縁体は光の入射方向に沿って延び

た貫通孔を有し、該貫通孔にはパイプが貫通している。また、上記アノードも、貫通孔を有する絶縁体を介して電子増倍部から所定距離離間した状態で、該パイプにより該電子増倍部に固定されている。

【0016】この発明に係る光電子増倍管は、アノードのステム側の面に当接された絶縁体であって、上記パイプ（内側パイプ）の、第1の端部（エッジ部が設けられた端部）と反対側に位置する第2の端部と、該アノードとを所定距離だけ離間させるための絶縁体をさらに備える。10 10。なお、この絶縁体は、上記外側パイプの外径よりも大きい径の貫通孔を有する第1の絶縁体と、該外側パイプの内径よりも小さく、かつ内側パイプの外径よりも大きい径の貫通孔を有する第2の絶縁体から構成されている。

【0017】さらに、上記外側パイプは上記内側パイプよりも短くなっている。これは、外側パイプ全体を、少なくとも導電性リングの貫通孔、ダイノード部の貫通孔、アノードの貫通孔、及びこれら各部材間に設けられた各絶縁体の貫通孔によって定義された空間に収納する20 20ためである。そして、内側パイプは、上記空間を貫通し、該空間からその両端が露出するのに十分な長さを有する。この構成により、外側パイプ（絶縁性材料）は、各ダイノード部と内側パイプ（導電性材料）との絶縁状態を維持するよう機能し、該内側パイプは、当該光電子増倍管の内部配線の一部としても機能する。

【0018】次に、発明者らは、この発明に係る光電子増倍管の増倍率（アノードに到達する二次電子の数／光電面で発生する光電子の数）を最適に制御するため、該光電子増倍管に適応されるファインメッシュダイノードの空間率を検討した。その結果、その線幅を2.4 μm 30 30～6 μmとして45%～65%が最適であることを発見した。

【0019】ここで、線幅を6 μm以下に設定するのは、磁界中の電子の振舞（最大回転半径）に起因して、当該光電子増倍管の増倍率が低下するのを避ける必要があるからである。また、線幅を4 μm以上に設定するのは、ファインメッシュダイノード自体が、製造中に加えられる張力に充分耐え得る強度を有する必要があるからである。

40 40【0020】なお、製造上の観点から、上記ファインメッシュダイノードの空間率は45%～50%が好ましい。例えば、線幅が2.4 μm以上であっても空間率が50%を超えると、該ファインメッシュダイノードが製造中に破れる危険性が增大するからである。なお、この明細書において、ファインメッシュダイノードの空間率S (%)は、線幅をa、線ピッチをbとしたとき、
$$S(\%) = \{(b-a)^2 / b^2\} \times 100$$
で定義される（図12及び図13参照）。

【0021】

50 50【発明の実施の形態】以下、この発明に係る光電子増倍

管の一実施例を図1～図29を用いて説明する。なお、図中同一部分には同一符号を付して説明を省略する。

【0022】図1は、この発明に係る光電子増倍管全体の組立工程を示す図である。この図において、当該光電子増倍管は、その内壁にホトカソードへの電圧供給用電極であるアルミ膜1aが形成された円筒形のハウジング1と、外部のプリーダ回路(図9参照)から供給された電圧を所望のダイノード等へ供給するためのリードピン(ステムピン)9を貫通させた状態で支持しているステム8により構成される密閉容器を備えている。なお、上記ステム8の底部には組立後にホトカソード形成用の金属蒸気を注入するための中空の注入管10が設けられている。

【0023】上述した密閉容器内に収納される電子増倍部100は、第1段ダイノード部側に貫通孔を有する絶縁体(セラミックスペース)40を介して、収束電極として機能する導電性リング3が固定され、そして、最終段ダイノード部側にも貫通孔を有する絶縁体(セラミックスペース)42を介して、アノード6が固定される。この電子増倍部100は所定電圧をそれぞれ供給する中継リードピン7により支えられた状態で、光の入射方向Lに対して密閉容器内の所定位置に設定される。すなわち、中継リードピン7は、所定電圧を供給するための配線として機能するとともに、ホトカソードと該電子増倍部の第1段ダイノード部500(特に、ファインメッシュダイノード50)との間隔を規定するよう機能する。なお、上記導電性リング3及びアノード6とも、光の入射方向Lに沿って延びた貫通孔を有する。

【0024】さらに、上記電子増倍部100は、複数のダイノード部500がリング状絶縁体(セラミックリングスペース)41を介して順次積層されることにより構成される。なお、この明細書では、例えば、ダイノード部500を16段積層する場合、第1段のダイノード部から最終段(16段)のダイノード部までを、順にDY1、DY2、...、DY15、DY16と表記する(図9参照)。

【0025】特に、上記ダイノード部500は、例えば#1500、線幅5.5 $\mu$ m～5.6 $\mu$ mのファインメッシュダイノード50と、該ファインメッシュダイノード50に所定の張力を加えた状態で該ファインメッシュダイノード50のエッジ部分を把持するリング状の上側電極51及び下側電極52から構成される。なお、これら各リング状電極51、52は、それぞれ、ホトカソードからの光電子あるいは前段のファインメッシュダイノード50からの2次電子を通過させるための開口部と、光の入射方向Lに沿って延びた貫通孔を有する。

【0026】これら導電性リング3、絶縁体40、41、42、各ダイノード部500、及びアノード6は、それぞれの貫通孔をファインメッシュダイノード50の積層方向(光の入射方向Lと一致)に一致させた状態で

パイプ2により一体化され、電子増倍部100の積層構造を構成する。このとき、アノード6のステム8側には該パイプ2が貫通した絶縁体43が設けられており、該アノード6とパイプ2との接触を防止している。

【0027】以上の組立工程により図2に示された光電子増倍管の主要部分が得られる。

【0028】続いて、ハウジング1とステム8により構成される密閉容器内を真空にした状態で、注入管10を介してホトカソード形成用の金属蒸気を注入し、ハウジング1の光入射部1bの内壁にホトカソード11を形成する。このとき、密閉容器全体を加熱しながら、該光入射部1bの温度を低く抑えることにより(他の部分との温度差を生じさせる)、上記金属を光入射部1bの内壁に選択的に蒸着させることができる。その後、図3に示されたように、該注入管10の貫通孔10aを加熱して塞ぐことにより、密閉容器内を真空状態に保持する。なお、図中10bは加熱密閉されたパイプ10の一部を示す。

【0029】次に、電子増倍部100の組立構造、及び各ダイノード部500の積層構造を実現するためのパイプ2の構造を図4～図8を用いて説明する。

【0030】電子増倍部100は、ダイノード部500をリング状絶縁体41を介して積層されている。さらに、この電子増倍部100の前方(ホトカソード11からの光電子が入射する側)には絶縁体40を介して導電性リング3が固定され、また、その後方(最終段ダイノード部DY16からの2次電子が放出される側)には絶縁体42を介してアノード6が固定されている。さらに、該アノード6を介して絶縁体42の反対側には絶縁体(セラミックスペース)43も設けられている。

【0031】これら各部材は、上述したようにそれぞれ光の入射方向Lに沿って延びた貫通孔を有しており、該貫通孔がファインメッシュダイノードの積層方向に一致するよう積層される。一端がT字状に加工されたパイプ2はこれら貫通孔によって定義された空間を、積層方向に沿って貫通し、図5に示されたように、上記絶縁体43から露出した部分にカシメ部205が形成されることにより、当該電子増倍部100の積層構造を実現する。換言すれば、該パイプ2により、上述の各部材の積層方向の位置が規定される。なお、図5は、図4中、記号Aで示された部分の拡大図である。

【0032】図5に示されたように、カシメ部205は、ファインメッシュダイノード50の積層方向に対して垂直方向から力を加え、該パイプ2をつぶすことにより形成されるので、該電子増倍部100を組立の際、積層方向に不要な力は加わらない組立構造が実現できる。また、絶縁体43は2つの絶縁体430(第1の絶縁体:セラミックスペース)、431(第2の絶縁体:セラミックスペース)から構成されており、該絶縁体431の貫通孔の直径は該絶縁体430の貫通孔の直径より



も小さい。

【0033】上述のパイプ2は、図6に示されたように、一端がT字状に加工されたエッジ部202を有する導電性材料からなる内側パイプ200と、該内側パイプ200が貫通する貫通孔204を有する外側パイプ201から構成されている。当然のことながら、内側パイプ200の貫通孔203の直径は外側パイプ201の貫通孔204の直径よりも小さい。また、該外側パイプ201は内側パイプ200よりも短い(図7参照)。

【0034】図8は、図4中、記号Bで示された部分の拡大図である。この図からも分るように、外側パイプ201は上述の各部材(導電性リング3、電子増倍部100、アノード6、絶縁体40、41、42、43)の貫通孔によって定義された空間内に収納されている。一方、内側パイプ200は外側パイプ201の貫通孔204を貫通した状態で、該空間内を貫通し、その両端は露出している。したがって、上記各部材の積層方向の位置は、該内側パイプ200のT字形のエッジ部分202及びカシメ部205によって規定される。ここで、上述した絶縁体431は外側パイプ201を上述の空間内に収納させるよう機能している。このため、該絶縁体431の貫通孔の直径は、内側パイプ200の外径よりも大きく、かつ外側パイプ201の内径よりも小さくなるよう設計されている。また、上記外側パイプ201も上述の空間にその全体が収納可能になるよう内側パイプ200よりも短く設計されている。そして、この外側パイプ201は、内側パイプ200と、各ダイノード部500とが接触しないよう機能する。

【0035】当該光電子増倍管の動作時には、図9に示されたプリーダ回路から、導電性リング3及び各ダイノード部DY1~DY16の各ファインメッシュダイノード50、及びアノード6に所定の電圧が印加され、それぞれ所望の電位に設定される。すなわち、導電性リング3と第1段ダイノード部DY1との間、及びダイノード部DY<sub>k</sub>とダイノード部DY<sub>k+1</sub>(k=1、2、...、n-1、nはダイノード部の段数)との間には、ステム8に保持されたステムピン9から中継リードピン7を介して数十V~数百Vの電圧が印加される。そのとき、第1段ダイノード部DY1の電位は導電性リング3の電位よりも高く、ダイノード部DY<sub>k+1</sub>の電位はダイノード部DY<sub>k</sub>の電位よりも高く、そして、アノード6の電位は最終段ダイノード部DY<sub>16</sub>の電位よりも高く設定されている。

【0036】ホトカソード11は、当該光電子増倍管の光入射部1bに入射した光を光電子に変換する。ホトカソード11で発生した光電子は、導電性リング3の開口部304(図10参照)を通過する際集束され、該導電性リング3と第1段ダイノード部DY1との間に形成される電界により該第1段ダイノード部DY1側へ加速される。そして、この加速された光電子の一部が該第1

段ダイノード部DY1に含まれるファインメッシュダイノード50に衝突すると該ファインメッシュダイノードから二次電子が放出される。続けて、該第1段のファインメッシュダイノード50の孔部を通り抜けた光電子、および放出された二次電子は、加えられている電界に従い次段のダイノード部DY2の方向に加速され、該第2段のダイノード部に含まれるファインメッシュダイノード50により、さらに二次電子が放出される。このようにして、光電子及び二次電子が順次第1段ダイノード部DY1から第n段ダイノード部DY<sub>n</sub>へ導かれるにしたがい、二次電子が増倍されて放出される。最終段のダイノード部DY16の孔部を通り抜けた二次電子は、該最終段ダイノード部DY16とアノード6間の電界によって加速され、該アノード6に到達する。このアノード6に到達した二次電子の個数、すなわち、アノード6に流れる電流量により、当該光電子増倍管の光入射部1bに到達した光の光量測定が可能になる。

【0037】次に、上述した導電性リング3の詳細構造を図10を用いて説明する。この導電性リング3は、上述したように、ホトカソード11と電子増倍部100との間に設けられ、該ホトカソード11から放出された光電子を貫通させるための開口部304を有する。この導電性リング3は、光の入射方向Lに沿って延びた貫通孔302と、該導電性リング3とホトカソード11とを同電位にするためのコンタクト電極301とを備える。そして、内側パイプ200のエッジ部202は貫通孔302を貫通した状態で該導電性リング3と直接接触する。これは、図11に示されたように、該内側パイプ200の端部と所定のステムピン9とを中継リードピン7を介して電気的に接続することにより、ホトカソード11に所定の電位を与えるためである。したがって、この内側パイプ200は、電子増倍部100の積層構造を規定するよう機能するとともに、ホトカソード11に所定電位を与えるためのリードピンとしても機能している。なお、図10中、番号303aはコンタクト電極301とリング本体とを接続するための溶接部分を示し、番号303cは貫通孔302を補強するための溶接部分を示す。また、図11中、番号250は内側パイプ200と中継リードピン7との溶接部分を示し、番号251は中継リードピン7とステムピン9との溶接部分を示す。

【0038】上記導電性リング3は、さらに、電子増倍部100を、密閉容器の内壁から所定距離離間した状態で、該密閉容器の所定位置に設置させるためのスプリング電極300を備える。したがって、スプリング電極300によって、光の入射方向Lに対して水平方向の密閉容器内における位置が規定される。なお、図10中、番号303bは上記スプリング電極300とリング本体との溶接部分を示す。

【0039】次に、この発明に係る光電子増倍管に適用されるファインメッシュダイノードの構造について図1



11

2～図16を用いて説明する。

【0040】通常、ファインメッシュダイノードは、図12及び図13中の矢印Cで示された基準線上に存在する線50-1、50-2、50-3、50-4の数が、該基準線1インチ(=25.4(mm))当たり1000本以上あるメッシュダイノードをいう。そして、ファインメッシュダイノードの孔部の形状は図12に示されたように矩形でも、図13に示されたように六角形であってもよい。

【0041】なお、この明細書では、ファインメッシュダイノードを空間率S(%)で区別する。この空間率Sは、線幅をa、線ピッチをbとしたとき、 $S(\%) = \{(b-a)^2 / b^2\} \times 100$ で定義する。

【0042】具体的には、#1500のファインメッシュダイノードの場合、その線ピッチbは16.9μm(=25.4(mm)/1500(本))であり、例えば線幅を5.56μmとすると、その空間率は約45%となる。

【0043】次に、ファインメッシュダイノードの線幅は、磁界中の電子の振舞によって決定される。すなわち、高磁界中でファインメッシュダイノードから放出された2次電子は、図14に示すように、回転しながら軌道700を辿って次段のファインメッシュダイノードに到達する。しかしながら、該ファインメッシュダイノードの線幅が太すぎると、図15に示すように放出された2次電子は軌道701を辿り次段のファインメッシュダイノードに到達できない。換言すれば、線幅が太すぎると当該光電子増倍管の増倍率(アノードに到達する二次電子の数/光電面で発生する光電子の数)が低下してしまう。

【0044】したがって、ファインメッシュダイノードの線幅の決定には、磁界中の電子の最大回転半径を考慮する必要がある。具体的に、この実施例では、以下のような計算により、最適な線幅を決定した。

【0045】すなわち、2次電子のエネルギー分布のピーク値はおおよそ2(eV)～3(eV)と推定される

(この実施例では、平均値2.5(eV)を2次電子の初速度Vφとして示す)。また、電子の放出角度が磁界に対して垂直方向である場合に該電子の回転半径Rは最大になる。そこで、

磁界の磁束密度(B): 2(T)

電子の放出角度(θ): 90°

電子の初速(Vφ): 2.5(eV)

電子の速度(V): (2eVφ/m)<sup>(1/2)</sup>

電子の質量(m): 9.1095×10<sup>-31</sup>

電子の電荷(e): 1.6022×10<sup>-19</sup>

としたとき、電子の最大回転半径Rは以下のように決定できる。

【0046】

12

$$R = (mV) / (eB) \times \sin \theta$$

$$= 2.6659 \times 10^{-6} \text{ (m)}$$

$$\approx 2.7 \text{ (}\mu\text{m)}$$

なお、このときの電子の回転運動の最大直径は、約5.4(μm)である。また、参考のため、初速の異なる各電子について、各磁束密度(T)ごとの最大回転半径の変化を計算した結果を図16に示す。

【0047】以上のことから分るように、当該ファインメッシュダイノード50の線幅は、少なくとも6(μm)以下に設定するのが好ましい。一方、該ファインメッシュダイノードに、製造中に加えられる張力に充分耐え得る強度を与えるため、その線幅は2.4μm以上に設定する必要がある。

【0048】次に、上述のファインメッシュダイノードの製造方法について、図17～図26を用いて、順次各工程を説明する。

【0049】まず、第1の製造工程では、製造しようとするファインメッシュダイノードの格子形状と同様の形状の溝121、122をガラス板120の表面に刻み、これをマスターガラスとする。そして、該マスターガラス板120を王水洗浄した後、乾燥させる(図17参照)。

【0050】続いて、第2の製造工程において、このマスターガラス板120表面に芯線になる金属(例えば、パラジウム、銀、白金等)を陰極線スパッタ法により付着させる。その後、マスターガラス板120表面の溝121、122に入った芯線となる金属123を残し、それ以外の余分な金属を削り取る(図18参照)。さらに、第3の製造工程で、その溝121、122に上記芯線123を残した該マスターガラス板120と銅板電極とを対向させて銅メッキ浴中に漬け、両者の間に電圧を加え通電する。これにより、マスターガラス板120表面の溝121、122に入った芯線123に銅膜124をメッキする。

【0051】続いて、以上の第1～第3の製造工程を経たマスターガラス板120を水洗いし、該マスターガラス板120表面から銅膜124がメッキされた芯線123を剥離し乾燥させる(第4の製造工程)。これにより、図19に示されたようなメッシュシート50Aが得られる。なお、図20及び図21は、第4の製造工程後(銅メッキ後)のメッシュシート50Aのエッジ部分を示す写真である。このメッシュ表面には、メッキされた銅により全体にシワが見られるが、このシワは後述する加熱処理により消える。

【0052】発明者らは、以上の工程を順次実施することにより、その孔部の形状が略正方形であり、格子を形成する線の断面形状が略楕円形状であるファインメッシュシート50Aを得た。なお、このファインメッシュシート50Aの線幅は5.5μm、線ピッチは17μmであり、空間率は約45%であった。また、発明者らは、

50

空間率45%及び50%のそれぞれについて、#1500、#2000、#2500、#3000のファインメッシュを得ることができた。以下に各ファインメッシュの線幅を示す。

【0053】#1500: 5.6  $\mu\text{m}$  (空間率45%)、4.98  $\mu\text{m}$  (空間率50%)

#2000: 4.18  $\mu\text{m}$  (空間率45%)、3.72  $\mu\text{m}$  (空間率50%)

#2500: 3.34  $\mu\text{m}$  (空間率45%)、2.97  $\mu\text{m}$  (空間率50%)

#3000: 2.79  $\mu\text{m}$  (空間率45%)、2.48  $\mu\text{m}$  (空間率50%)

次に、第5の製造工程において、以上の工程により製造されたファインメッシュシート50Aから円形のパターンを切り取りファインメッシュダイノード50を得る

(図19参照)。このファインメッシュダイノード50はそれ自身十分な強度がないので、図22の第6の製造工程に示されたように、該ファインメッシュダイノード50の第1面50a及び第2面50b側から上側電極51及び下側電極52で挟み込む。なお、この工程において、上記上側電極51及び下側電極52はそれぞれが有する貫通孔51a、52aが一致するよう重ねられている。また、上側電極51には、ファインメッシュダイノード50に所定電圧を印加するためにステムピン9と電気的に接続された中継リードピン7が溶接固定される突起部51bを備える。

【0054】そして、挟み込まれたファインメッシュダイノード50に均等に張力が掛かるよう、第7の製造工程において、該ファインメッシュダイノード50を挟み込んだ状態で上側電極51及び下側電極52を所定箇所30で溶接固定することにより、ダイノード部500を製造する(図23参照)。なお、図23中、番号510は上側電極51と下側電極52との溶接箇所を示す。また、上記上側電極51及び下側電極52の材料としては、ニクロム、NM、ステンレスSUS310Sなどがある。

【0055】しかしながら、以上の工程を経ただけでは、ファインメッシュダイノード50のたわみは除去できない。そこで、得られたダイノード部500を真空状態の電気炉中に設置し、一旦600℃～700℃まで加熱した後、除熱することで、該ファインメッシュダイノード50のたわみを取り除く。たわみが除去される理由としては、加熱することにより、芯線の金属材料(Pt)とメッキ材料(Cu)との界面付近でこれら金属材料の合金が形成されるため、該合金化による体積変化に起因していると推定される。

【0056】さらに、この実施例では、2次電子放出面としてメッキされた銅(Cu)の上にアルミニウム(Al)を蒸着するか、該Cuの上にアンチモン(Sb)を蒸着するか、あるいは、Cu上に蒸着されたAl上にさらにSbを蒸着している。Cuの上に上述の金属を蒸着

する理由としては、安定性(ドリフト)の問題を解決するためである。また、Al及び/又はSbの蒸着は、ファインメッシュダイノード50のホトカソード側に行われる。

【0057】以上のように、加熱処理され、さらに2次電子放出面としてAlが蒸着されたファインメッシュダイノード50の写真を図24に示す。また、図25は得られたファインメッシュダイノード50全体を示す写真であり、図26は、図25の写真に示されたファインメッシュダイノード50を45°傾けた角度から撮影した写真である。

【0058】次に、以上のように製造されたファインメッシュダイノード50の段数、段間距離及び磁界強度のそれぞれについて、当該ファインメッシュダイノード50の空間率に対する光電子増倍管の増倍率を、実験及びシミュレーション計算により求めた結果を以下に示す。

【0059】図27は、ファインメッシュダイノード50の空間率に対する、この発明に係る光電子増倍管の増倍率の関係を示すグラフである。なお、このグラフは、線幅一定、線ピッチ可変として異なる空間率を有する各サンプル(線幅は4  $\mu\text{m}$ 、5  $\mu\text{m}$ 及び6  $\mu\text{m}$ )について、各線幅ごとの増倍率の理論値及び実測値を示す。

【0060】磁界がない場合( $B=0$  (T))には、空間率53%～60%の範囲において増倍率が $1 \times 10^7$ 以上になり、空間率40%付近における増倍率 $1 \times 10^5$ と比べて100倍以上であった。

【0061】また、磁界の磁束密度が2 Tの場合には、線幅が4  $\mu\text{m}$ のファインメッシュダイノードは、空間率55%～62%の範囲における増倍率が、空間率40%付近における増倍率の100倍以上であった。5  $\mu\text{m}$ のファインメッシュダイノードは、空間率60%付近における増倍率が、空間率40%付近における増倍率の約100倍であった。6  $\mu\text{m}$ のファインメッシュダイノードは、空間率62%～70%の範囲における増倍率が、空間率40%付近における増倍率の100倍以上であった。

【0062】図28は、ファインメッシュダイノードの空間率に対する、この発明に係る光電子増倍管の増倍率の関係を示すグラフである。なお、このグラフは、線ピッチ一定、線幅可変として異なる空間率を有する各サンプルについて、磁界中の磁束密度を変えた場合( $B=0$  (T)と2 (T))の増倍率の理論値及び実測値を示す。

【0063】シミュレーション計算によれば、磁界がない場合( $B=0$  (T))には、空間率55%付近における増倍率は、空間率35%付近における増倍率の約100倍であり、又、実験結果とシミュレーション計算結果とは、空間率45%において同じ増倍率が得られ同様の傾向を示した。磁界の磁束密度が2 Tの場合には、空間率60%付近における増倍率は、空間率40%付近における増倍率の約10倍である。

【0064】図29は、ファインメッシュダイノードの空間率に対する、この発明に係る光電子増倍管の増倍率の関係を示すグラフである。なお、このグラフは、線ピッチ一定、線幅可変として異なる空間率を有する各サンプルについて、電子増倍部の段数（ダイノードの段数）を変えた場合（16段、19段及び24段の場合）の増倍率の理論値及び実測値を示す。

【0065】シミュレーション計算によれば、何れの場合にも、空間率55%付近において増倍率は最大値を示し、空間率35%付近における増倍率の約100倍であることが認められる。又、実験結果とシミュレーション計算結果とは、空間率45%において同じ増倍率が得られ同様の傾向を示した。

【0066】以上の実験結果から発明者らは、当該光電子増倍管の好ましい増倍率を得るため、ファインメッシュダイノードの空間率を、45%～65%の範囲に設定するのが妥当であるとする結論を得た。しかしながら、上述したようにファインメッシュダイノード50は製造されるため、該ファインメッシュダイノード50には相当の強度が要求される。この観点から、該ファインメッシュダイノード50の空間率は45%～50%の範囲に設定するのが最も好ましい。

【0067】さらに、発明者らは、線ピッチを一定とし線幅を可変として空間率を変えたファインメッシュダイノードについて得た、当該光電子増倍管の増倍率のシミュレーション結果（理論値）及び実測値を、隣接するファインメッシュダイノードの間隔が0.4mm、0.8mm及び1.6mmそれぞれの場合につき求めた。この場合も同様に空間率45%～65%で増倍率が最大となった。

【0068】また、ファインメッシュダイノードの各段で孔部位置を揃えて配置した場合も、でたらめに配置した場合も同様の効果が得られた。

【0069】以上の各種実験及びシミュレーション計算結果を総合すると、ファインメッシュダイノードの段数、ダイノード間隔及び磁界強度のそれぞれの場合において、光電子増倍管の増倍率はファインメッシュダイノードの空間率が45%～65%において最大となる。また、製造上の観点から特に、ファインメッシュダイノードの空間率は45%～50%の範囲に設定するのが好ましいことが分った。

【0070】なお、この発明は、上述された実施例に限定されるものではなく、種々の変形が可能である。例えば、ファインメッシュダイノードの孔部形状は、その孔部の形状が長方形、六角形、或いはその他の多角形であってもよい。具体的には、例えば、図13に示されたように、六角形の孔部形状を有するファインメッシュダイノードでもよい。このファインメッシュダイノードは、六角形の孔部が蜂の巣状に並んだ形状になっている。また、該ファインメッシュダイノードの孔部形状は、非周

期的な形状であってもよいし、異なる形状の孔部が配置されていてもよい。

【0071】

【発明の効果】以上のように、この発明によれば、ファインメッシュダイノードを支持する各電極を貫通した中空パイプによって、電子増倍部の積層構造を規定する。これにより、各ファインメッシュダイノード間隔を正確に制御し製造誤差が抑制された光電子増倍管が得られる。これにより、増倍率にバラツキが生じたり、製造中にファインメッシュダイノードが破れる可能性は著しく低減される。また、この中空パイプの一部は導電性材料から構成されているので、ホトカソードを所定電位に設定するために印加される電圧の供給構造の一部としても機能できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明に係る光電子増倍管全体の組立工程を示す図である。

【図2】図1に示された光電子増倍管の、組立後の構造を示す斜視図である。

【図3】図2に示された光電子増倍管におけるステム部分であって、ホトカソード形成後の該ステム部分の構造を示す断面図である。

【図4】図2に示された光電子増倍管の、電子増倍部の構造を示す図である。

【図5】図4においてAで示された部分の構造を拡大して示す図である。

【図6】各ファインメッシュダイノードを所定間隔ごとに積層して、電子増倍部を構成するためのパイプの構造を示す図である（その1）。

【図7】各ファインメッシュダイノードを所定間隔ごとに積層して、電子増倍部を構成するためのパイプの構造を示す図である（その2）。

【図8】図4においてBで示された部分の内部構造を拡大して示す図である。

【図9】ホトカソード、各ダイノード、及びアノードのそれぞれを、所定電位に設定するためのブリーダ回路の構成を示す図である。

【図10】電子増倍部を密閉容器内の所定位置に設置するためのリングの詳細構造を示す平面図である。

【図11】ホトカソードを所定電位に設定するための配線構造を説明するための、光電子増倍管の断面図である。

【図12】ファインメッシュダイノードの第1実施例の構成を示す斜視図である。

【図13】ファインメッシュダイノードの第2実施例の構成を示す斜視図である。

【図14】高磁界中の電子の振舞と、図12及び図13に示されたファインメッシュダイノードの線幅との関係を説明するための図である（その1）。

【図15】高磁界中の電子の振舞と、図12及び図13

に示されたファインメッシュダイノードの線幅との関係を説明するための図である（その2）。

【図16】磁界強度に対する電子の最大回転半径との関係（理論値）を示すグラフである。

【図17】ファインメッシュダイノードの製造方法を説明するための、第1製造工程を示す図である。

【図18】ファインメッシュダイノードの製造方法を説明するための、第2製造工程を示す図である。

【図19】ファインメッシュダイノードの製造方法を説明するための、第5製造工程を示す図である。

【図20】ファインメッシュダイノードを構成する芯線に銅メッキした後の、該ファインメッシュの外観を撮影したSEM写真である（その1）。

【図21】ファインメッシュダイノードを構成する芯線に銅メッキした後の、該ファインメッシュの外観を撮影したSEM写真である（その2）。

【図22】ファインメッシュダイノードの製造方法を説明するための、第6製造工程を示す図である。

【図23】ファインメッシュダイノードの製造方法を説明するための、第7製造工程を示す図である。

【図24】第7の製造工程を経た後（加熱処理後、かつA1蒸着後）のファインメッシュダイノードの外観を示すSEM写真である。

【図25】得られた#2000のファインメッシュダイノード全体を示すSEM写真である。

【図26】図25のファインメッシュダイノードを45°の角度から撮影したSEM写真である。

【図27】ファインメッシュダイノードの空間率に対す

る、この発明に係る光電子増倍管の増倍率の関係を示すグラフである。なお、このグラフは、線幅一定、線ピッチ可変として異なる空間率を有する各サンプルについて、各線幅ごとの増倍率の理論値及び実測値を示す。

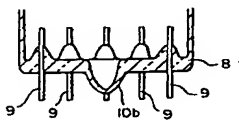
【図28】ファインメッシュダイノードの空間率に対する、この発明に係る光電子増倍管の増倍率の関係を示すグラフである。なお、このグラフは、線ピッチ一定、線幅可変として異なる空間率を有する各サンプルについて、磁界中の磁束密度を変えた場合の増倍率の理論値及び実測値を示す。

【図29】ファインメッシュダイノードの空間率に対する、この発明に係る光電子増倍管の増倍率の関係を示すグラフである。なお、このグラフは、線ピッチ一定、線幅可変として異なる空間率を有する各サンプルについて、電子増倍部の段数（ダイノードの段数）を変えた場合の増倍率の理論値及び実測値を示す。

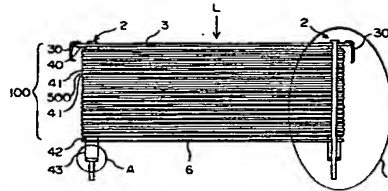
【符号の説明】

1…ハウジング、2…パイプ、3…導電性リング、6…アノード、7…中継リードピン、8…ステム、9…リードピン（ステムピン）、11…ホトカソード、40、41、42、43、430、431…絶縁体（セラミックスペーサ、セラミックリングスペーサ）、50…ファインメッシュダイノード、51…上側電極、52…下側電極、100…電子増倍部、200…内側パイプ、201…外側パイプ、202…T字状エッジ部、205…カシメ部、300…スプリング電極、301…コンタクト電極、500…ダイノード部。

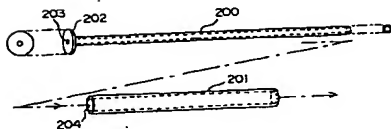
【図3】



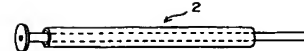
【図4】



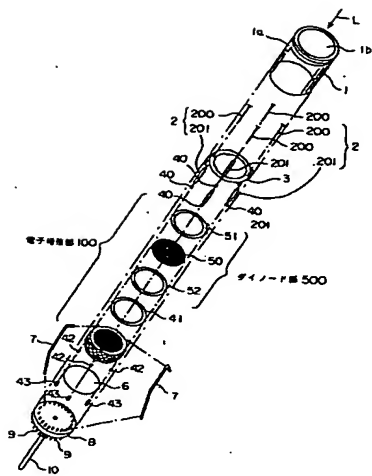
【図6】



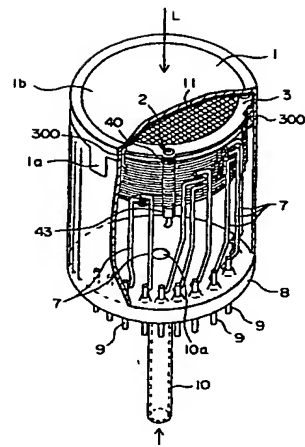
【図7】



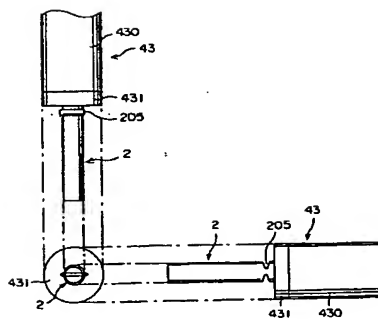
【図1】



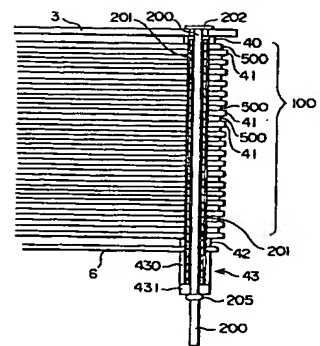
【図2】



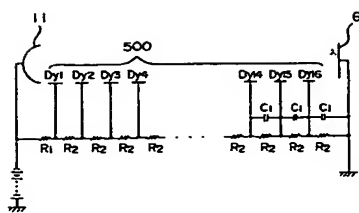
【図5】



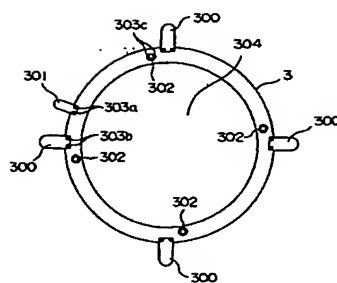
【図8】



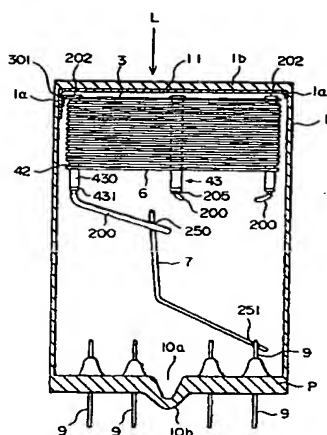
【図9】



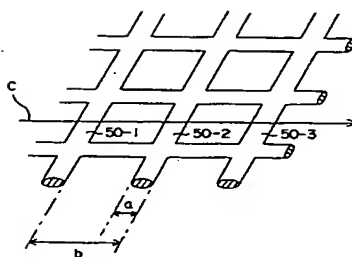
【図10】



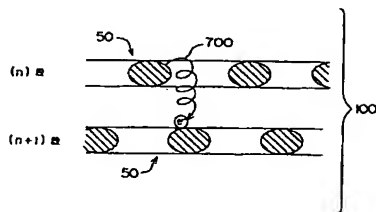
【図11】



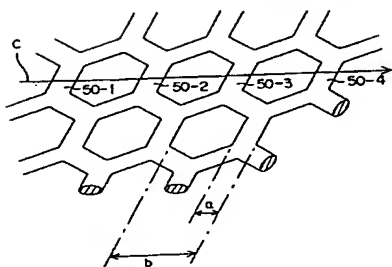
【図12】



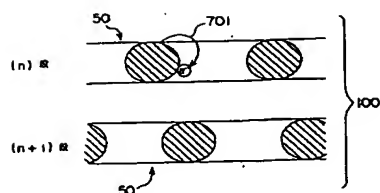
【図14】



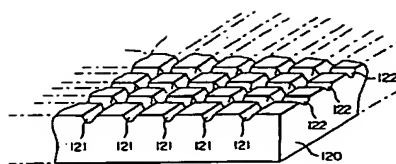
【図13】



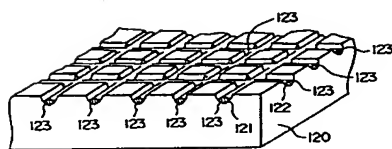
【図15】



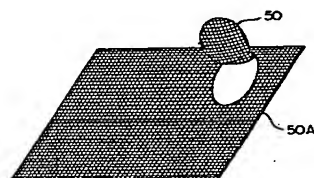
【図17】



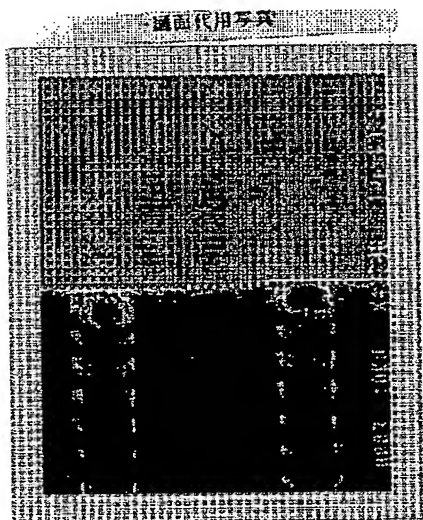
【図18】



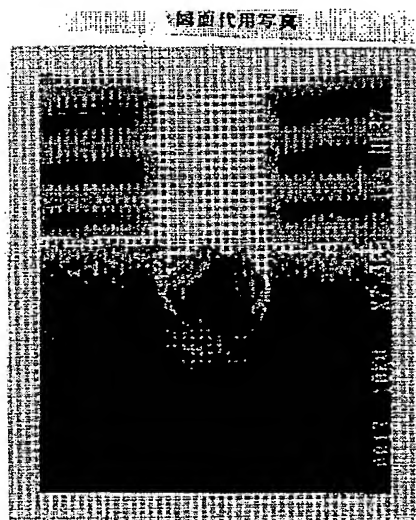
【図19】



【図20】

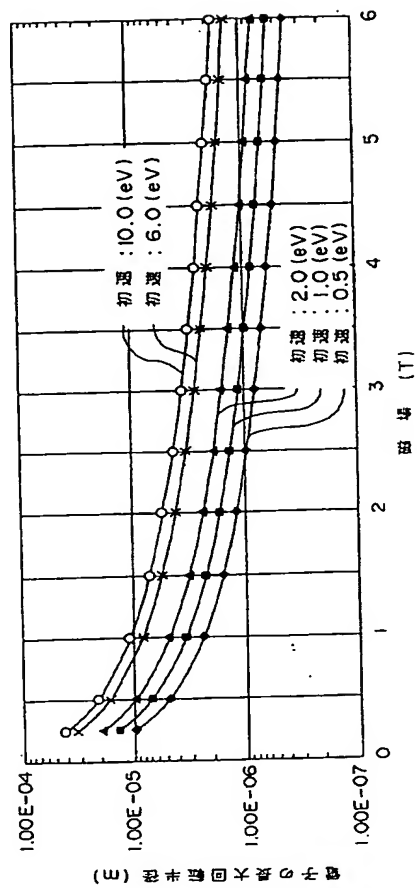


【図21】





【図16】



電子の最大回転半径  $R = \frac{m v}{e B} \cdot \sin \theta$  (m)

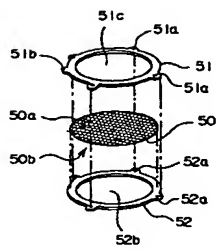
電子の最大回転周期  $T = \frac{2 \pi m}{e B}$  (s)

運動中電子の速度  $v = \sqrt{\frac{2 e U_0}{m}}$  (m/s)

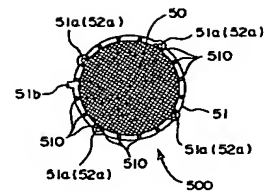
電子1個あたりの質量  $m = 9.1095 \times 10^{-31}$  (kg)

電子1個あたりの電荷  $e = 1.6022 \times 10^{-19}$  (C)

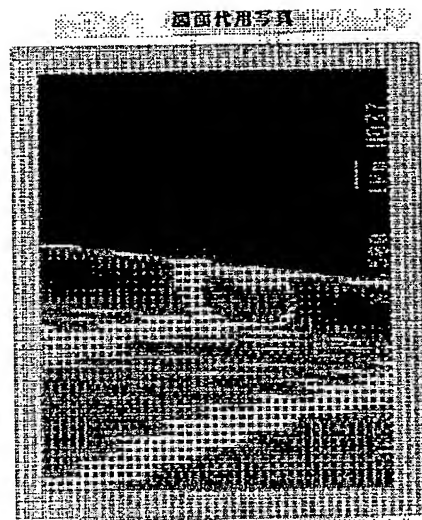
【図22】



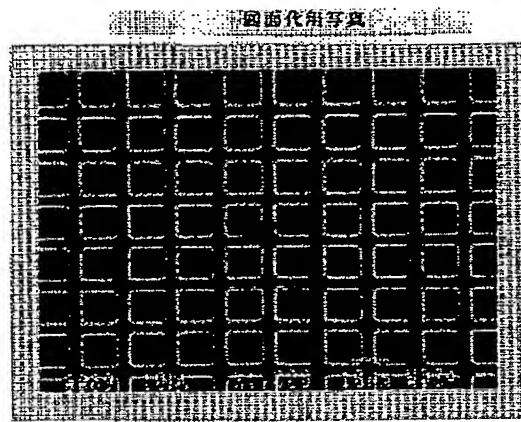
【図23】



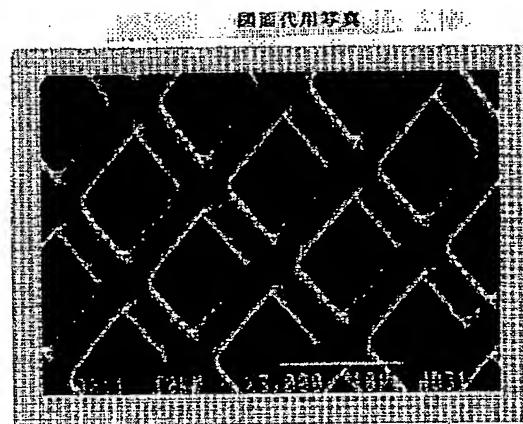
【図24】



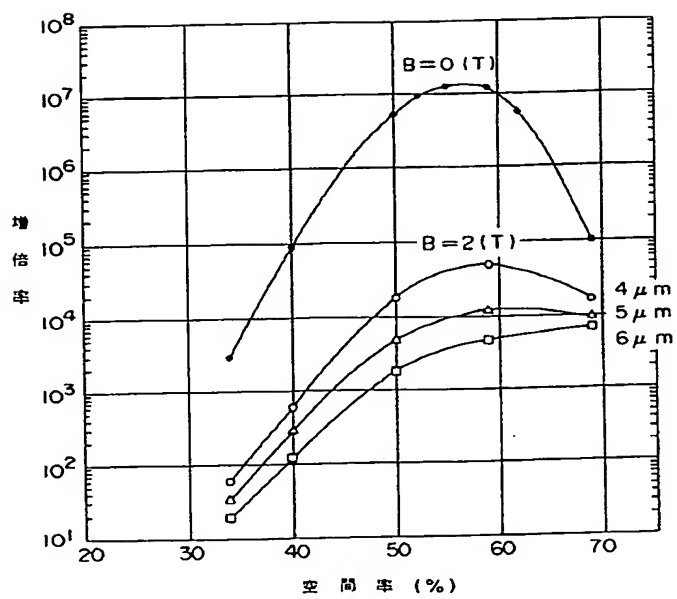
【図25】



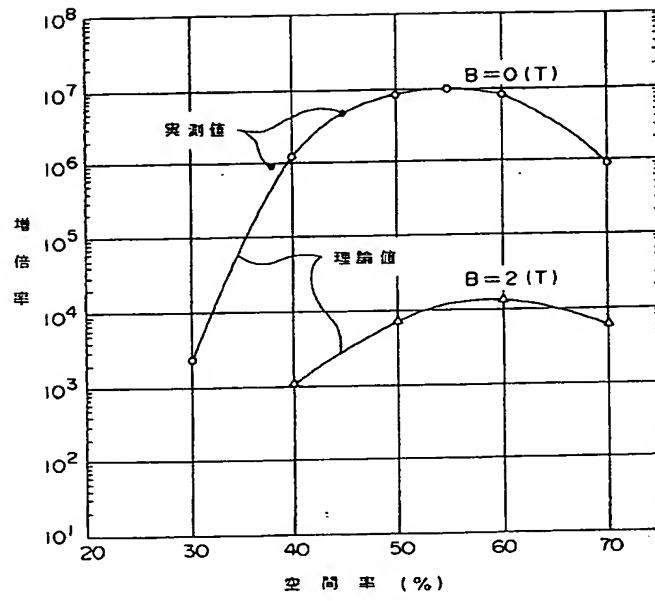
【図26】



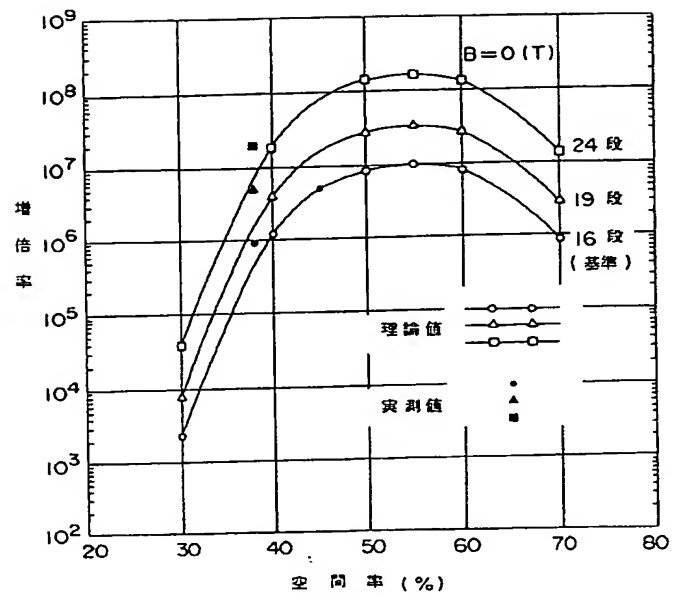
【図27】



【図28】



【図29】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**